Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ein neuer Fall von Endotropismus des Pollenschlauches und abnormer Embryosackentwicklung bei Sibbaldia procumbens L.

von

Nicolò Albanese.

(Mit 2 Doppeltafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Dezember 1904.)

Einleitung.

Es war im Mai 1903, als ich von Prof. R. v. Wettstein die Aufgabe bekam, die Befruchtungsvorgänge bei *Sibbaldia procumbens* L. zu untersuchen. Die Verwandtschaft der Pflanze mit den parthenogenetischen Alchemillen, ihr Mangel an einem auffallenden Schauapparate hatten die Annahme nahe gelegt, daß es sich um Parthenogenese handeln könnte; diese Vermutung traf nicht zu, doch ergaben sich, wie die unten zu beschreibenden Resultate meiner Untersuchungen beweisen werden, anderweitig interessante Befunde.

Die ersten Versuche, geeignete Präparate herzustellen, waren aus verschiedenen Ursachen erfolglos; erst im Dezember desselben Jahres wurde es mir möglich, nachdem die Präparationsmethode geändert wurde, gute Präparate zur Verfügung zu haben. Im ganzen waren am Ende der Arbeit mehr als 250 Schnittserien zu brauchen; von diesen aber leisteten viele wegen fehlerhafter Orientierung nur relativ gute Dienste. Überdies waren die verwendeten Blüten im allgemeinen zu jung, so

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

daß die Zahl der wirklich guten Serien sich auf eine ziemlich beschränkte reduzierte. Doch war diese vollkommen genügend, um die unten beschriebenen Resultate genau feststellen zu können.

Bei der ersten Beobachtung der Fruchtknoten fiel mir gleich ein merkwürdiges anatomisches Verhältnis auf, nämlich das vollständige Fehlen einer Mikropyle, und zwar war das überall, auch an den jüngsten Fruchtknoten, der Fall, so daß es ausgeschlossen war, daß eine Befruchtung auf normalem Wege hätte stattfinden können. Dieser Umstand verstärkte die Annahme der Parthenogenese. Bald darauf zeigte aber die Anwesenheit von Pollenschläuchen im Gewebe, daß eine Befruchtung wirklich stattfindet, wohl aber auf abnorme Weise, denn der Pollenschlauch wächst interzellular.

Ein anderes wichtiges Ergebnis der Untersuchungen war das Vorhandensein mehrerer Embryosäcke in einem und demselben Nucellus und das bildet das Thema für den zweiten Teil meiner Arbeit.

Präparationsmethode.

Aus den kleinen Blüten, die mit Alkohol fixiert worden waren, wurden die Fruchtknoten herausgenommen und einzeln nach der gewöhnlichen Methode in Paraffin (52°) eingebettet. Bei der Einbettung zeigte die Orientierung der Fruchtknoten wegen ihrer geringen Größe einige Schwierigkeiten; dies hatte zur Folge, daß viele beim Schneiden schief getroffen wurden. Die Schnittserien, von welchen die dickeren (14 μ) sich als für die Beobachtung vorteilhafter erwiesen, wurden teilweise mit Hämatoxylin und teilweise mit Safranin gefärbt. Die erste Tinktionsmethode (nach Haidenhain) gab sehr gute Resultate für die Tinktion der Pollenschläuche. Diese färben sich damit tief schwarz und treten aus dem benachbarten Gewebe stark hervor. Safranin (alkoholische Lösung 50 %) tingierte die Pollenschläuche nicht so tief wie Hämatoxylin, war aber von großem Nutzen bei der Untersuchung des Embryosackes, denn es tingiert tief rot die Kerne, besonders die Nucleolen.

Eingeschlossen wurden alle Präparate im Kanadabalsam.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

I. Teil.

1. Bau der Blüten und der Fruchtknoten.

Bevor ich mit der Beschreibung des Verlaufes des Pollenschlauches anfange, halte ich für notwendig, ganz kurz den Bau der Fruchtknoten zu erörtern. Der Bau der Blüten wurde schon von vielen Autoren beschrieben, so daß ich mich auf das Zitieren einiger derselben beschränken werde. Es enthalten z. B. mehr minder ausgedehnte Beschreibungen und mehr minder gute Abbildungen der Pflanze u. a. die Arbeiten von Schkuhr,[1] Koch,[2] Gaertner,[3] v. Braune,[4] Sturm,[5] Ascherson und Graebner.[6] In Einem stimmen die Ansichten dieser Autoren nicht überein, nämlich in Bezug auf die Zahl der in einer Blüte enthaltenen Fruchtknoten. Während die drei ersteren die Zahl 5 als konstant angeben, sprechen Braune und Sturm von einer zwischen 3 und 8 variierenden Zahl, Ascherson und Graebner geben die Zahl der Fruchtblätter mit 5 bis 12 an. Bei den von mir untersuchten Blüten habe ich gewöhnlich 5 bis 9 oder 10 gefunden. Einen Fall mit 3 und einen solchen mit 12 Fruchtknoten in einer Blüte glaube ich als Ausnahmsfälle betrachten zu können, denn in allen anderen Fällen bildeten die erstgenannten Zahlen die Regel; auch die Zahl 10 war ziemlich selten.

Nicht alle Fruchtknoten bilden sich zu Früchten aus; in fast allen Blüten bleiben einige in der Entwicklung so weit zurück, daß sie von den anderen verdrängt werden und schließlich absterben.

Die Form der Fruchtknoten ist eine beinahe ovale; seitwärts liegen der Griffel mit der Narbe und der Stiel. Diese bilden zusammen eine beinahe gerade Linie, welche der Achse der Blüte

---

[1] Schkuhr, Ch. Botanisches Handbuch, Wittenberg 1791. I. Bd. S. 258, Tafel 88.

[2] Koch, W. D. J. Synopsis der deutschen und schweizer Flora. I. Bd. S. 822.

[3] Gaertner, J. De fructibus et seminibus plantarum. I. Bd., S. 348. Taf. 73.

[4] A. v. Braune. Salzburgische Flora. Salzburg 1797. I. Bd.

[5] Sturm, J. Deutschlands Flora. V. Bd.

[6] Ascherson P. und Graebner P. Synopsis, VI. Bd., S. 661, 1904.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

parallel ist. Die Griffel sind gegen das Zentrum der Blüte orientiert, wo sie ein Büschel bilden. Beim Schneiden wurde versucht, den Fruchtknoten immer der Länge nach zu schneiden; alle auf diese Weise hergestellten Schnittserien waren für die Beobachtung der inneren Organisationsverhältnisse sehr geeignet; als die allerbesten erwiesen sich aber jene Schnitte, die zusammen mit dem Fruchtknoten auch dessen Stiel und Griffel schnitten, so daß die Samenanlage durch die Mitte getroffen und der Funiculus zu sehen war. Eine solche Sektion durch den Fruchtknoten, wie sie von der Figur 1 dargestellt wird, zeigt folgende Merkmale. Der Fruchtknoten enthält eine einzige orthotrope Samenanlage, welche an dem Fruchtblatte durch einen sehr kurzen Funiculus befestigt ist. Was an der Samenanlage gleich auffällt, ist, daß ihr einziges Integument am Scheitel vollkommen geschlossen ist, daß es also keine Mikropyle bildet. Das Schließen des Integumentes geschieht durch die Verschmelzung seiner Ränder, welche sowohl am Gipfel als auch seitwärts des Nucellus stattfinden kann; im letzten Falle, wenn ein Teil stärker wächst als der andere. Dieser Prozeß findet früher statt, als daß ein Pollenschlauch hätte die Oosphäre befruchten können. Zu dieser Annahme führte die Beobachtung, daß in jungen Fruchtknoten, wenn im Embryosacke die einzelnen Elemente noch kaum differenziert waren und an welchen sich keine Spur von Pollenschläuchen — nicht einmal im Griffel, wo man sie leicht auffinden kann — zeigte, der Schluß des Integumentes schon vor sich gegangen war. Es ist also klar, daß bei *Sibbaldia* die Mikropyle vollkommen verloren gegangen ist.

Das Integument zeigt außerdem in einigen Fällen ein ganz merkwürdiges Verhalten. Statt sich zu schließen, bleibt es in einigen Samenanlagen in der Entwicklung so weit zurück, daß es kaum etwas über die Mitte derselben wächst. Auf diese Weise bleibt der obere Teil des Nucellus nackt und der Eiapparat des Embryosackes liegt, nur von der Wand desselben bedeckt, an der Oberfläche der Fruchtknotenhöhle.

Daß es sich hier um Jugendstadien handelte, ist ausgeschlossen, da in diesen Fällen die Elemente des Embryosackes vollkommen entwickelt, in einigen die Polkerne schon anein-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

ander genähert waren, in einem hatte sogar schon der Pollenschlauch die Eizelle erreicht.

Da also schon in jungen Samenanlagen das Integument ganz geschlossen ist, glaube ich, die letztgenannten Fälle für abnorme halten zu müssen. Die Hemmung im Wachsen des Integumentes ist wahrscheinlich dadurch hervorgerufen, daß der Nucellus, sich sehr rasch entwickelnd, die ganze Fruchtknotenhöhle erfüllt und auf diese Weise das Emporwachsen des Integumentes verhindert. Diese Annahme wird durch den Umstand verstärkt, daß in den drei beobachteten Fällen, in denen zwei Embryosäcke voneinander getrennt zur Entwicklung kamen, somit zwei Nucellen gebildet wurden, das Integument noch nicht geschlossen war, obwohl in einem Falle schon eine Befruchtung stattgefunden hatte. Wenn der Nucellus eine so beträchtliche Dimension annimmt, um zwei getrennte sporogene Gewebe zu enthalten, muß er sich viel stärker als gewöhnlich entwickeln, wodurch er die Fruchtknotenhöhle früher erfüllt, als sich das Integument hätte schließen können. (Fig. 13, 14, 15.)

Zwischen Fruchtwand und Samenanlage besteht ein Zwischenraum. Dieser ist in jedem Fruchtknoten zu sehen; seine Breite ist aber eine sehr verschiedene, in einigen Fällen kaum wahrnehmbar, in anderen sehr beträchtlich; auch ist er immer am Scheitel des Nucellus viel breiter als an anderen Stellen, unter der Chalazaregion immer sehr schmal oder überhaupt nicht wahrzunehmen. Die Dimension, die er besitzt, ist gewiß von der kontrahierenden Wirkung des Fixierungsmittels verursacht, wie dies auch Murbeck für die Fruchtknoten von *Alchemilla arvensis* (L.) *Scop.* annimmt;[1] diese Wirkung dürfte aber kaum so stark sein, um eine so breite Ovarialhöhle hervorzurufen, wenn ursprünglich keine vorhanden gewesen wäre, weshalb ich geneigt bin, zu glauben, daß in allen Fällen ein mehr minder breiter Zwischenraum besteht. Der Verlauf des Pollenschlauches stützt diese Annahme; davon wird später die Rede sein.

[1] Murbeck, S. Das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie. (Lund 1901). S. 4.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Was den Nucellus und den Embryosack anbelangt, so zeigen diese nichts besonderes. Die Entwicklung des Embryosackes und seiner Elemente habe ich nicht verfolgen können, da alle geschnittenen Objekte dafür zu alt waren; übrigens hatte das mit der Aufgabe direkt nichts zu tun. Alle untersuchten Embryosäcke waren vollkommen entwickelt, so daß die inneren Organisationsverhältnisse genau betrachtet werden konnten. Der Embryosack hat eine längliche, beinahe zylindrische Form; nur an der Oberseite, das ist an der Eiapparatregion, ist er etwas breiter; alle Elemente sind vorhanden, der Eiapparat besteht aus der Eizelle und aus den Synergiden; erstere unterscheidet sich von den letzteren dadurch, daß ihr Kern rund, während der der Synergiden etwa ovalförmig ist und in etwas älteren Stadien auch durch ihre Größe; die Polkerne liegen in der Mitte des Embryosackes und sind den Kernen der Synergiden gleich; sie liegen anfangs getrennt, vereinigen sich aber bald zur Bildung des Zentralkernes, aus welchem dann das Endosperm entsteht. Die Antipoden sind in der Zahl 3 immer vorhanden und besetzen den unteren Teil des Embryosackes. Nach der Entstehung des Embryos sind sie nicht mehr zu sehen; wahrscheinlich werden sie resorbiert.

2. Verlauf des Pollenschlauches.

a) Verlauf durch den Griffel.

Auf die Narbe angekommen, treibt das Pollenkorn den Pollenschlauch, welcher gleich in das Gewebe der Narbe eindringt. Diese besteht aus langgestreckten, zylindrischen, nach außen ein wenig papillös hervorgewölbten Zellen, deren Wand eine beträchtliche Dicke besitzt. Der Durchgang des Pollenschlauches wurde nicht beobachtet aus dem Grunde, weil nur sehr wenige Narben geschnitten wurden. Die Struktur derselben läßt aber vermuten, daß das Eindringen in der gewöhnlichen Weise stattfindet, nämlich mittels Durchdringung zwischen den einzelnen Zellen. Die frischen Narben sind mit einer Art Schleim bedeckt, welcher wohl gewiß die den chemotaktischen Reiz auf die Pollenkörner ausübende Flüssigkeit repräsentiert.

Nachdem der Pollenschlauch die Narbe passiert hat, kommt er in den Griffel. Dieser besteht, wie aus den Fig. 2 und 4

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

ersichtlich ist, aus zwei untereinander sehr verschiedenen Geweben, aus einem äußeren und aus einem inneren. Das erstere ist von zwei oder drei Schichten langgestreckter, zylindrischer, unter sich gleicher Zellen gebildet; das Innere setzt sich aus kleinen, unregelmäßigen, plasmareichen Elementen zusammen. Diese sind miteinander ohne Interzellularen verbunden, besitzen eine dicke Wand, einen großen Kern und ihr Inhalt zeigt eine fein granulöse Struktur.

Es ist also kein Griffelkanal vorhanden, sondern ein ausfüllendes Leitgewebe (»tissu conducteur plein« von G. Capus [1]) welches durch das Zusammenwachsen der papillösen Zellen des Griffelkanals entstanden ist. In dieses Gewebe dringt der Pollenschlauch ein, um dort während des ganzen Verlaufes durch den Griffel zu verbleiben. In diesem Zustande sind die Pollenschläuche (es treten mehrere in den Griffel) besonders an den Hämatoxylinpräparaten sehr deutlich zu sehen. Sie schauen wie tief schwarz gefärbte, schlangenförmig gebogene Bänder aus, besitzen eine dicke, stark lichtbrechende Wand und werden beim Schneiden, da ihr Verlauf kein gerader ist, mehrfach abgeschnitten.

Was die Art des Durchdringens durch dieses Gewebe betrifft, glaube ich in den Präparaten genaue Erklärung gefunden zu haben. Die Griffel, in welche die Pollenschläuche eingetreten sind, fallen durch ihr Aussehen auf. Das ganze Gewebe erscheint nämlich kollabiert. Wände sind größtenteils nicht mehr zu unterscheiden, ebenso die Kerne; das Protoplasma sieht wie eine stark gefärbte, brüchige Masse aus. Für diesen Zustand des Gewebes ist die Aufklärung nur in der Annahme zu finden, daß es als Leit- und Ernährungsgewebe für den Pollenschlauch fungiert.

Für diese Annahme findet man auch in den Arbeiten von Capus und Dalmer [2] genügende Stützpunkte. Dieser gelangt zu der Auffassung, »daß die Pollenschläuche in einem von der Narbe bis zur Mikropyle gebildeten Sekrete wachsen, aus dem

[1] Capus, C. Anatomie du tissu conducteur (Annales de science naturel botanique). 1878. 6. Sér. T. VII. S. 282.

[2] Dalmer, M. Über die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiospermen (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften. 1880. Bd. XIV).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sie ebenso, wie aus einer Zuckerlösung ihre Nährstoffe beziehen. Das Sekret wird vom Leitgewebe gebildet...«[1] Dabei spricht er von den oberflächlichen Leitgeweben, wie ein solches im Griffel die Epidermis des Griffelkanals ist. Bei *Sibbaldia* existiert kein Griffelkanal mehr, sondern nur ein ausfüllendes Leitgewebe; da dieses nun durch das Zusammenwachsen der papillösen Elemente der Epidermis des Kanals entstanden ist,[2] so kommen ihm natürlich die Eigenschaften seiner Erzeuger, nämlich die Leit- und Ernährungsfunktionen zu. Die Beschreibung der Papillen, die Dalmer gibt und die seiner Arbeit beigegebenen zahlreichen Abbildungen stimmen mit dem Aussehen des Leitgewebes von *Sibbaldia* vollkommen überein;[3] der Inhalt der Elemente ist nach Dalmer meist dicht, feinkörnig, zeigt also dieselbe Struktur wie bei *Sibbaldia*.

Auch Capus schreibt dem Leitgewebe jene Charaktere zu,[4] die es bei *Sibbaldia* besitzt. Überdies scheint das Kollabieren der Zellen, welches im Griffel dieser Pflanze beim Durchgehen des Pollenschlauches stattfindet, einige Analogie mit der »Dissociation du tissu conducteur«, von welcher Capus spricht, zu haben.[5] Die Aufquellung (gélification) der Wände, welcher bei den von Capus beobachteten Fällen die Dissociation folgt, kommt wahrscheinlich auch bei *Sibbaldia* vor und ist dort eine der nächsten Ursachen der Kollabierung der Zellen des Gewebes, welche den Zweck haben dürfte, dem Pollenschlauche den Weg zu erleichtern. In diesem Sinne drückt sich auch Capus aus: »Dans le tissu conducteur plein, la descente du boyau ne doit pas être difficile après la gélification des parois...«

Aus der Beobachtung der Präparate und aus der Ähnlichkeit mit anderen Pflanzen muß man zum Schlusse kommen, daß bei *Sibbaldia* der Pollenschlauch während seines ganzen Verlaufes durch den Griffel vom inneren Gewebe desselben geleitet und ernährt wird.

---

[1] l. c. S. 558.

[2] Capus l. c. S. 250. Formation du tissu conducteur plein.

[3] Dalmer l. c. Taf. 24, Fig. 38—42, 51—54.

[4] Capus l. c. S. 261.

[5] l. c. S. 257.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

b) Verlauf durch die Fruchtknotenwand zum Integumente.

Nachdem der Pollenschlauch den Griffel durchschritten hat, befindet er sich in der Fruchtknotenwand; er wechselt hier seine Richtung, indem er sich gegen das Ovulum zu wendet; er geht quer durch das Fruchtblatt und tritt in die Ovarialhöhle ein (Fig. 1 und 8). Das Gewebe, durch welches er hier verläuft, besteht aus kleinen, isodiametrischen, ohne bestimmte Orientierung miteinander verbundenen Zellen. Durch dieses Gewebe bricht sich der Pollenschlauch einen Weg dadurch, daß er die einzelnen Zellen verdrängt. Die Art des Verlaufes wird hier also geändert; das Gewebe ist kein Leitgewebe mehr und der Pollenschlauch arbeitet sich mechanisch weiter; dementsprechend bleibt das Gewebe unverändert. Nach der Durchschreitung der Fruchtknotenwand tritt der Pollenschlauch in die Ovarialhöhle ein, welche an dieser Stelle bogenförmig in die Fruchtwand eindringt, so daß sie sich sozusagen dem Pollenschlauche entgegen erstreckt. Der Eintritt in diese Höhle beweist, daß der Pollenschlauch die Fähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, noch nicht eingebüßt hat.

Das Verweilen des Pollenschlauches in der Ovarialhöhle dauert aber nur sehr kurz, und zwar nur bis an der Stelle, wo dieselbe ihre Richtung ändert. An diesem Punkte nimmt er das interzellulare Wachstum wieder auf, indem er in das Gewebe des Integumentes eindringt. Die Fig. 8 zeigt sehr deutlich das Verlaufen des Pollenschlauches im Fruchtblatte, in der Ovarialhöhle, seinen Eintritt und teilweise den Verlauf im Integumente. Im betreffenden Präparate ist sein Eintritt ins Integument durch eine brüchig aussehende Zelle (Fig. 8 Z) gekennzeichnet; diese wurde wahrscheinlich vom Pollenschlauche beim Eindringen getötet.

c) Verlauf durch das Integument zum Eiapparate.

Wie aus der Fig. 8 ersichtlich ist, dringt der Pollenschlauch nicht tief ins Gewebe des Integumentes, sondern wendet sich gleich nach seinem Eintritte in dasselbe gegen den Gipfel des Nucellus zu. Seinen weiteren Verlauf schildern die Figuren 3,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

5, 6, 7, 9. Auch an diesen bemerkt man, daß er immer unter der ersten Zellschichte verläuft. Daß dieses vom anatomischen Baue des durchgeschrittenen Teiles des Integumentes abhängig ist, scheint kaum zweifelhaft zu sein. Dieses besteht an der Seite aus zwei differenzierten Geweben; das Erste ist aus einer einzigen Zellschichte gebildet, welche die äußerste Zellschichte der Samenanlage repräsentiert und aus regelmäßigen viereckigen, miteinander dicht verbundenen Zellen zusammengesetzt ist. Zwischen dieser und dem Nucellus gibt es ein vom Ersteren ganz verschiedenes, aus unregelmäßigen, meist rundlichen oder ovalen, immer aber ganz unregelmäßig angeordneten Zellen gebildetes Gewebe. An der Berührungslinie dieser beiden Zellkomplexe bleiben Interzellulare frei, welche dem Pollenschlauch einen sehr leichten Weg zum Eindringen bieten. In der Tat schlägt der Pollenschlauch den Weg in diesen Interzellularen ein und verläuft auf diese Weise, immer unter der ersten Zellschichte, durch das Integument bis an die Spitze des Nucellus. In diesem Stadium war es sehr schwierig, den Pollenschlauch zu sehen. Die Fig. 3 ist nach dem einzigen Präparate abgebildet, an welchem ich ihn im Mittelteile seines Verlaufes durch das Integument zu sehen bekam, während ich von den anderen Stellen in einer ziemlich ansehnlichen Zahl von Schnittserien sehr klare Beispiele zur Verfügung hatte. Dasselbe widerfuhr auch Murbeck, welchem es »nur am Grunde des Integumentes und gegen den Scheitel des Ovulums hin gelang, den Pollenschlauch in einer Anzahl von Präparaten stark hervortretend zu erhalten«.[1] Überdies zeigt die obenerwähnte Figur, wie der Pollenschlauch schwächer tingiert und schmäler erscheint. Die Ähnlichkeit dieses Falles mit dem von Murbeck beschriebenen führt mich zur Annahme, daß auch bei *Sibbaldia* dasselbe wie bei *Alchemilla arvensis* geschieht, daß nämlich »der Pollenschlauch bei seinem Verlaufe durch das Ovulum an Stärke bedeutend beeinträchtigt erscheint«.[2] Diese Erscheinung könnte man hier folgenderweise erklären: Da der Pollenschlauch in den Interzellularen einen offenen Weg findet, kann er sich viel rascher als irgendwo anders entwickeln. Die rasche Weiter-

[1] Murbeck l. c. S. 8.

[2] Murbeck l. c. S. 9.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

entwicklung in der Länge erlaubt ihm aber nicht die frühere Dicke zu behalten, denn er kann seinen Inhalt nicht vermehren, so daß der ursprüngliche Inhaltsstoff auf eine viel größere Länge verteilt wird; mit dem Zunehmen an Länge steht also ein Abnehmen an Dicke in Zusammenhang. Daß die Zellen des Integumentes während des Verlaufes des Pollenschlauches durch dasselbe für seine Ernährung nicht in Betracht kommen, geht aus der Beobachtung des betreffenden Präparates hervor; dort sind die Elemente, die sich mit dem Schlauche in Berührung befinden, ungestört, der Kern wie die Wände sind vollkommen intakt, also gerade das Gegenteil wie im Griffel. Alles deutet darauf hin, daß auch während des Verlaufes durch diesen Teil des Integumentes das Wachstum des Pollenschlauches mechanisch verläuft.

Nun kommt er auf die oben beschriebene Weise zum Gipfel der Samenanlage, wo er eine Wendung machen soll, um den Embryosack zu erreichen. Der Teil des Integumentes, den er dabei durchschreitet, unterscheidet sich vom übrigen Gewebe und ist von ganz unregelmäßig gestalteten und angeordneten Zellen gebildet; nicht einmal die äußerste Schichte, die sich sonst wie eine Kappe um die Samenanlage erstreckt, ist hier in den meisten Fällen zu unterscheiden. Es ist nicht schwer, eine Aufklärung für die Anwesenheit eines solchen Gewebes zu finden, wenn man bedenkt, daß hier die Verschmelzung der emporgewachsenen Ränder des Integumentes stattgefunden hat, welche das Verschwinden der Mikropyle zur Folge hatte.

Den Verlauf durch diese Strecke schildern die Fig. 5, 6, 7; besonders klar und belehrend ist die Erstgenannte, wo der Pollenschlauch von dem Austreten unter der ersten Zellschichte bis zum Eintritte in den Embryosack vollkommen deutlich zu sehen ist. Auffallend ist die Fig. 6. In dieser errinnert die Struktur der Zellen an die Elemente des Griffels; die Wände sind stark gequollen und das Plasma sowie der Kern scheinen irgend einen Einfluß gelitten zu haben. Die Erklärung dieses Zustandes des Gewebes ist unschwer, wenn man bedenkt, daß dem Pollenschlauche das Eindringen durch diesen Teil des Integumentes durch den Mangel an Interzellularen und durch die unregelmäßige Anordnung der Elemente bedeutend erschwert wird;

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

es ist also irgend eine Vorrichtung notwendig, die das Eindringen erleichtert. Diese Vorrichtung ist hier das Aufquellen der Wände — und in der Tat folgt der Pollenschlauch dem Wege der aufgequollenen Wände.

Nach dem Gesagten kann man die Annahme nicht für gewagt halten, daß der Zustand des oberen Teiles des Integumentes nach dem Eintritte des Pollenschlauches in dasselbe das Produkt eines Zerstörungsprozesses sei, welcher den Zweck hat, dem Pollenschlauche den Weg zu erleichtern.

Nachdem der Pollenschlauch den oberen Teil des Integumentes passiert hat, tritt er in die Eizelle ein; das ist aus der Fig. 5 ersichtlich. Die Prozesse, die sich nach seinem Eintritte im Embryosacke abspielen, wurden nicht untersucht.

Das Produkt der Befruchtung, der Embryo, war nur in zwei der geschnittenen Fruchtknoten schon vorhanden; in diesen war auch schon ein mehrzelliges Endosperm gebildet.

3. Allgemeine Betrachtungen.

Aus der obigen Schilderung der Resultate meiner Untersuchungen geht hervor, daß in *Sibbaldia procumbens* L. ein neuer Fall vorliegt, in welchem der Pollenschlauch interzellularen Verlauf hat. Nachdem er nämlich in die Fruchtknotenhöhle eingetreten ist, setzt er nicht seinen Weg durch diese fort, sondern tritt sehr bald ins Gewebe des Integumentes, um durch diesen Weg den Gipfel des Ovulums und den Eiapparat zu erreichen. Im Zusammenhange mit dem Verhalten des Pollenschlauches steht der Bau der Samenanlage, deren Integument sich vollkommen schließt, ohne eine Mykropyle frei zu lassen.

Der interzellulare Verlauf des Pollenschlauches ist eine im Pflanzenreiche nicht selten vorkommende Erscheinung. Treub[1] veröffentlichte im Jahre 1891 seine Betrachtungen über die Befruchtung bei den *Casuarineen*, durch welche bekannt wurde, daß bei diesen Pflanzen der Pollenschlauch, immer interzellular

[1] M. Treub. Sur les Casuarinées et leur place dans la système naturel (Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg, publiées par M. Treub. Vol. X. Leide 1891).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

verlaufend, durch die Chalaza die Eiapparatregion erreicht. Er nannte die bemerkenswerte Erscheinung Chalazogamie und machte den Vorschlag, von den übrigen Angiospermen diese Familie zu trennen und die Unterordnung »Chalazogames« zu bilden. Später wurde Chalazogamie auch bei anderen Pflanzen entdeckt, so von Nawaschin bei *Betula alba*[1] und *Juglans regia*,[2] von M. Benson bei *Corylus, Carpinus* u. s. w.[3] Ferner wurde bei *Ulmus* (Nawaschin),[4] *Cucurbita* (Longo)[5] und *Alchemilla arvensis* (Murbeck)[6] interzellularen Verlauf des Pollenschlauches konstatiert. Letzterer bediente sich auch bei dem von ihm studierten Falle des Ausdruckes »Chalazogamie«, doch gewiß nicht mit Recht, denn bei *Alchemilla arvensis* kommt der Pollenschlauch mit der Chalaza nur flüchtig in Berührung, der Hauptweg für ihn wird aber nicht von der Chalaza, sondern vom Integumente gebildet. So kann man keineswegs von Chalazogamie bei der *Ulme* und bei den *Cucurbitaceen* sprechen, wiewohl auch hier der Pollenschlauch strengen interzellularen Verlauf hat; für die letztgenannte Familie bedient sich Longo des gewiß richtigeren und jedenfalls für alle Fälle verwendbaren Ausdruckes »Endotropischer Verlauf« und Porsch unterscheidet mit Recht zwischen einer »echten« und »scheinbaren Chalazogomie«.[7]

Von den verschiedenen Autoren wurden verschiedene Meinungen über die Bedeutung und den phylogenetischen Wert

---

[1] Nawaschin, S. Über die gemeine Birke und die morphologische Deutung der Chalazogamie (Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, VII. Série, T. XLII, No. 12.)

[2] id. Ein neues Beispiel der Chalazogamie. Bot. Ctlbl. LXIII, S. 353.

[3] M. Benson. Contributions to the Embryologie of the Amentiferae. (The Transaction of the Linnean Society of London. 2. Série. Botany. Vol. III, Part. 10, London 1894.)

[4] Nawaschin. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei der Ulme. Bulletin de l'Académie Impérial des sciences de St. Petersbourg. Ve Serie, Band VIII, No. 5 (Mai 1898).

[5] Longo. Ricerche sulle Cucurbitacee ed il significato del percorso intercellulare (endotropico) del tubetto pollinico. (Reale Accademia dei Lincei. Anno CCC—1903.)

[6] Murbeck l. c.

[7] O. Porsch. Der Spaltöffnungsapparat von Casuarina und seine phyletische Bedeutung (Österr. Bot. Zeitschr. 1904, Nr. 1 u. ff.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Chalazogamie und des interzellularen Verlaufes des Pollenschlauches ausgesprochen.

Was zunächst die Ursache des interzellularen Verlaufes des Pollenschlauches betrifft, glaubte zuerst Nawaschin, daß sie in der Segmentation der Placenta liege und behauptete, es würde Chalazogamie in Pflanzen mit einer einzigen terminalen Samenknospe nicht gefunden werden.[1] Nicht lange später entdeckte aber Nawaschin selbst Chalazogamie bei *Juglans regia* und in der Arbeit, die er darüber veröffentlichte, mußte er seine Meinung insofern ändern, daß er zum Schlusse kam, die Veranlassung für den Pollenschlauch, ins Gewebe zu dringen, die Unfähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, sei.[2] Letztere wurde als besser begründet auch von Murbeck angenommen.

Nun zeigte Longo, daß auch dem Pollenschlauche jener Pflanzen, bei welchen er interzellularen Verlauf hat, die Fähigkeit zukommt, durch Hohlräume zu wachsen und drückte sich auf Grund auch anderer Beobachtungen folgendermaßen aus: »Der vom Pollenschlauche eingeschlagene Weg ist von der Anwesenheit besonderer chemotaktischer Substanzen bestimmt, welche bei den ersteren (bei Pflanzen mit endotropischem Verlaufe des Pollenschlauches) im Inneren, wie bei den letzteren (Porogamen) an der Oberfläche der Gewebe zur Entwicklung kommen«.[3]

Wie steht es nun mit *Sibbaldia*?

Bei dieser Pflanze zeigt der Pollenschlauch ein merkwürdiges Verhalten insofern, als er in die Fruchtknotenhöhle eintritt, um dann wieder ins Gewebe einzudringen. Überdies zeigten noch die Resultate einiger von mir angestellten Versuche, daß er durch Hohlräume wachsen kann. Ich ließ nämlich auf einem Objektträger in feuchter Kammer mit Abschluß jedes Nährstoffes Pollenkörner von *Sibbaldia* keimen und die größte Zahl derselben trieb nach kurzer Zeit einen langen zylindrischen Schlauch, welcher sich auch verzweigte.

Der Pollenschlauch hat also die Fähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, nicht verloren. Warum setzt er dann, wenn

---

[1] Nawaschin. Über die gemeine Birke etc. S. 34.

[2]) Nawaschin. Bot. Zentralblatt Bd. LXIII, S. 355.

[3] Longo l. c. S. 21.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

er einmal in die Höhle eingetreten ist, diesen Weg nicht fort, sondern dringt wieder ins Integument ein? Das Fehlen der Mikropyle kann für die Antwort auf diese Frage nicht in Betracht kommen, da man es als eine Folge, keineswegs als die Ursache des interzellularen Wachstums ansehen soll. Die Meinung Longo's bringt auch keine Erklärung, denn der Weg des Pollenschlauches durch die Interzellulare spricht nicht für die Annahme einer Ausscheidung seitens des Integumentes. Übrigens ist diese Annahme für die *Cucurbitaceen* wohl berechtigt, denn dort verläuft der Pollenschlauch fortwährend im Leitgewebe; sehr fraglich ist aber ihre Richtigkeit in Bezug auf jene Pflanzen, wo, wie z. B. bei *Ulmus, Betula* u. a. der Pollenschlauch mechanisch verläuft. Bei *Sibbaldia* benützt der Pollenschlauch die anatomischen Verhältnisse des Fruchtknotens, so das Leitgewebe im Griffel, die Struktur der Ovarialhöhle, die ihm entgegenreicht, die Interzellularen des Integumentes, um sich eine leichte Bahn zu brechen; da nun diese Bahn auch die möglichst kürzeste ist, glaube ich, folgende Erklärung geben zu können: Die Veranlassung für den Pollenschlauch von *Sibbaldia*, interzellular zu wachsen, liegt in dem Suchen nach dem leichtesten und zugleich kürzesten Wege.

Nach der Ähnlichkeit des Fruchtknotens zu urteilen, dürfte die Ursache bei *Alchemilla arvensis* (L.) *Scop.* kaum eine andere sein.

Über die Bedeutung des interzellularen Wachstums des Pollenschlauches für die Entwicklungsgeschichte herrschen zwei verschiedene Meinungen: Nawaschin hält die Erscheinung für eine frühere, Murbeck für eine spätere als die Porogamie. Der Erstere fügt seiner bereits zitierten Arbeit über die *Birke* ein Schema an,[1] in welchem die Übergangsstadien von der Befruchtung der Gymnospermen bis zum typischen Fruchtknoten der Angiospermen angegeben sind; alle vier Stadien, die dort das interzellulare Wachstum repräsentieren, besitzen eine normal entwickelte Mikropyle. Aus der Anwesenheit derselben glaubte Murbeck folgern zu können, daß alle Fälle von

[1] Nawaschin. Über die gemeine Birke. S. 33.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Endotropismus als Erscheinungen späteren Datums zu betrachten sind;[1] er behauptete nämlich, die Mikropyle würde nicht existieren, wenn sie nicht schon in Betracht gekommen wäre. Dagegen kann man einwenden, daß die Mikropyle bei *Casuarina*, *Betula* u. s. w. nicht als erst bei diesen Spezies zur Bildung gelangtes Organ, sondern nur als Rest der bei den Gymnospermen existierenden Pollenkammer aufzufassen ist. Diese bleibt erhalten, wenn auch zunächst bei der Befruchtung funktionslos und wird später bei der Porogamie gebraucht. Das Vorhandensein der Mikropyle liefert also keinen maßgebenden Beweis für die Bestimmung des Alters der einzelnen Fälle.

Bei *Alchemilla arvensis* ist es anders; die Mikropyle ist nicht mehr vorhanden; nachdem der Pollenschlauch den interzellularen Weg einschlug, schloß sich das Integument vollkommen. Bei unserem Falle, bei *Sibbaldia*, geschah dasselbe.

Es genügt, die Fig. 1 dieser mit der Fig. 1 von Murbeck's Arbeit zu vergleichen, um sich von der Ähnlichkeit dieser beiden Fälle zu überzeugen. Diese Ähnlichkeit, die natürlich mit der Gleichheit im Fruchtknotenbaue zusammenhängt, ist nur von zwei Abweichungen gestört; bei *Sibbaldia* tritt der Pollenschlauch in die Fruchtknotenhöhle und verläuft, obwohl nur flüchtig, in derselben; später kommen dem Integumente von *Sibbaldia* die Eigenschaften eines Leitgewebes nicht zu und der Pollenschlauch verläuft durch dasselbe mechanisch. Das Wesen des interzellularen Verlaufes bleibt aber bei beiden Pflanzen dasselbe. Deshalb schließe ich mich bezüglich des Pollenschlauches von *Sibbaldia procumbens* L. der Meinung Murbeck's an, indem ich seinen interzellularen Verlauf als eine Erscheinung späteren Datums als die Porogamie betrachte.

Zusammenfassung der Resultate des I. Teiles.

1. *Sibbaldia procumbens* L. zeigt einen neuen Fall von Endotropismus des Pollenschlauches — dieser bricht sich, statt durch die Ovarialhöhle zu wachsen, einen Weg durch das Gewebe des Integumentes.

---

[2]) Murbeck l. c. S. 17.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

2. In Zusammenhang mit dem Verhalten des Pollenschlauches steht die Struktur des Integumentes, welches sich vollkommen schließt, ohne eine Mikropyle frei zu lassen.

3. Die Veranlassung für den Pollenschlauch, durch das Gewebe zu dringen, liegt im Suchen nach dem kürzesten und leichtesten Wege.

4. Die Erscheinung ist als eine spätere als die Porogamie aufzufassen.

II. Teil.

Wie schon in der Einleitung angedeutet wurde, ist bei *Sibbaldia* der Fall ziemlich häufig daß in demselben Nucellus mehr als ein Embryosack zur Entwicklung gelangt. In solchen Fällen sind gewöhnlich zwei Embryosäcke nebeneinander entwickelt; doch habe ich ausnahmsweise deren drei und in einem einzigen Nucellus sogar fünf beobachtet. Alle vorkommenden Embryosäcke sind vollkommen entwickelt, alle Elemente sind in ihrem Inneren vorhanden, sie besitzen ungefähr dieselbe Größe und liegen dicht aneinander, nur von einer Wand getrennt. Sie zeigen eine große Ähnlichkeit mit den Embryosäcken von *Alchemilla*-Arten, bei welchen, wie Murbeck gefunden hat, auch deren viele zu stande kommen.[1]

Strassburger[2] hat dasselbe Verhalten bei *Rosa livida* nachgewiesen. Da nun *Sibbaldia* mit *Rosa* und *Alchemilla* zu einer Familie gehört, ist das Vorhandensein mehrerer Embryosäcke als kein besonders merkwürdiger Fall zu betrachten; auch hier besitzen alle Zellen des sporogonen Gewebes die Fähigkeit, zu Embryosäcken auszuwachsen und in der Tat bilden sich oft mehrere zu solchen aus.

Bei weitem interessanter sind die in Fig. 13, 14, 15 dargestellten Samenanlagen; in diesen sind zwei, respektive drei Embryosäcke in ganz getrennten Partien des Nucellus zur Entwicklung gekommen. Sie sind voneinander durch Nucelluselemente getrennt, im übrigen zeigen sie ein ganz normales Verhalten.

---

[1] Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung Alchemilla.

[2] Strassburger. Die Angiospermen und die Gymnospermen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Eine Erklärung für diese Fälle dürfte kaum schwer zu finden sein. Eines muß vor allem angenommen werden: daß nämlich zwei sporogone Gewebe vorhanden gewesen sein müssen, um in verschiedenen Teilen der Samenanlage Embryosäcke zu entwickeln; da nun aber in jeder Samenanlage stets nur ein solches Gewebe angelegt wird, ist die Anwesenheit von zwei derselben nur durch die Annahme erklärlich, daß der vorliegende Fall das Produkt der Verbindung von zwei Samenanlagen sei. Auch ist die Art und Weise, in der die Verbindung stattgefunden hat, nicht schwer festzustellen. Anfangs dürften zwei Ovularhöcker dicht nebeneinander gebildet worden sein; diese verhinderten beim Wachsen durch ihr Zusammendrängen das Integument in seiner Entwicklung derart, daß zwischen ihnen überhaupt kein solches gebildet wurde, weshalb die Nucellen, die aus den Höckern entstanden, ohne Trennung aneinander zu liegen kamen und der äußere Teil des Integumentes die Hülle für beide bildete; endlich vereinigten sie sich durch Verschmelzung ihrer Elemente und so kam ein einziges Nucellus mit zwei sporogonen Geweben zu stande; von diesen bildete dann ein jedes seinen Embryosack. Das Integument konnte nicht so rasch wachsen, um sich am Scheitel schließen zu können, so daß der obere Teil des Nucellus nackt blieb. Die Fig. 18 und 14 zeigen am Gipfel des Ovulums eine Einschnürung (Ei), welche die Stelle, an der die Verschmelzung stattgefunden hat, andeuten dürfte.

Aus dem Gesagten kann abgeleitet werden, daß in den besprochenen Fällen am Fruchtknoten in seinem Jugendstadium zwei Samenanlagen angelegt wurden. Da solche Fälle selten auftreten (unter 250 Frucktknoten fand ich deren nur drei), dürfte man sie vielleicht als Rückschlagsfälle zu betrachten haben, indem man annimmt, daß die Vorfahren von *Sibbaldia* eine mehrsamige oder wenigstens zweisamige Frucht produzierten.

Diese Annahme findet überdies eine Bestätigung durch die Betrachtung der Fig. 12, welche den Querschnitt durch einen Fruchtknoten darstellt. Es sind dort zwei Samenanlagen zu sehen, die voneinander ganz getrennt sind, und deren jeder ein regelmäßig entwickeltes Integument besitzt; hier haben also die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Samenanlagen ihre komplette getrennte Entwicklung erlangen können, so daß man dieses Stadium als das den oben beschriebenen unmittelbar vorgehende betrachten kann. Es ist auch möglich, ein Schema zu bilden, dessen Glieder die Fig. 12, 13 (14), 15 sind und welches die Art zeigt, wie es im Fruchtknoten, durch Verwachsen von zwei Samenanlagen zu einer einzigen scheinbar einfachen Samenanlage kam.

Ob bei *Sibbaldia* Polyembryonie zur Entwicklung kommt, konnte nicht festgestellt werden. Die Fähigkeit, einen Embryo zu bilden, könnte ja jedem Embryosacke zukommen; denn sie sind alle vollkommen entwickelt; wahrscheinlich bleibt aber die wichtigste Bedingung, das ist die Befruchtung, aus; denn stets habe ich nur einen Pollenschlauch in eine Samenanlage eindringen gesehen.

Außer den vollkommen entwickelten Embryosäcken kommen in der Mehrzahl der Samenanlagen auch solche Gebilde vor, welche als in der Entwicklung zurückgebliebene Embryosäcke aufzufassen sind. Um die Antipodenregion und unterhalb derselben kommen rundliche oder ovale Gebilde vor, welche zumeist zwei Kerne enthalten. Ihre Zahl ist oft eine ansehnliche; sie kann bis 6 oder 7 betragen (Fig. 11), gewöhnlich sind aber deren 3 oder 4 zu sehen (Fig. 10). Aus ihrer Größe, ihrer Lage und aus der Ähnlichkeit ihrer Kerne mit denen der Embryosackelemente muß man sie als Embryosäcke betrachten und ihr Vorhandensein zeigt, daß wenigstens die erste Kernteilung in der Mehrzahl der Mutterzellen vor sich geht; mit der Zeit erringen eine oder einige derselben einen Vorsprung und entwickeln sich auf Kosten der anderen weiter.

Die Lage dieser Gebilde zeigt, daß sie immer aus den unteren Zellreihen des sporogonen Gewebes entstehen; demgemäß dürften die normalen Embryosäcke von den oberen gebildet werden; so erweist sich *Sibbaldia* als ein neuer Fall einer Rosacee, bei welcher der Embryosack aus den oberen sporogonen Zellreihen entsteht. Ein ähnliches Verhalten fand Strassburger bei *Rosa livida*.[1]

---

[1] Strassburger. Die Angiospermen und die Gymnospermen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Solche unvollkommene Embryosäcke sind bei verschiedenen Pflanzen gefunden worden. Murbeck entdeckte sie bei *Alchemilla*-Arten und nannte sie »Miniaturembryosäcke«.[1] Bei diesen Pflanzen liegen sie dem normalen Embryosacke parallel, so daß sie als von denen der *Sibbaldia* entwicklungsgeschichtlich verschieden anzusehen sein dürften. Dasselbe gilt für die von Benson[2] bei *Carpinus* gesehenen und »abortive Embryosäcke« genannten Bildungen, welche oberhalb des Embryosackes liegen. Die sterilen Makrosporen, die Treub[3] bei *Casuarina* entdeckte, wo sie als Bahn für die Pollenschläuche dienen, dürften auch einen analogen Fall repräsentieren.

Was das Schicksal anbelangt, welches diese unvollkommenen Embryosäcke erleiden, wurde mit Sicherheit nichts beobachtet. In den zwei Fällen, in denen in dem geschnittenen Fruchtknoten ein Embryo schon entwickelt war, waren keine solche vorhanden und obwohl diese zwei Fälle keinen entscheidenden Beweis liefern können, halte ich es nicht für zu gewagt, zu sagen, daß sie nach der Bildung des Embryo und der Erweiterung des Embryosackes durch die Endospermbildung das Schicksal der anderen sporogonen Zellen eingehen, daß sie nämlich resorbiert werden.

Übersicht der Resultate des II. Teiles.

1. Der einsamige Fruchtknoten von *Sibbaldia* ist von einem mehr-, beziehungsweise zweisamigen abgeleitet anzusehen.

2. Oft können mehrere sporogene Zellen einer Samenanlage sich zu normalen Embryosäcken entwickeln.

3. Die obere sporogene Zellreihe liefert den normalen Embryosack, während von den unteren einige Zellen als unentwickelte Embryosäcke erhalten bleiben.

Zum Schlusse finde ich mich verpflichtet, Herrn Prof. R. v. Wettstein, unter dessen Leitung ich die Arbeit ausgeführt habe, für die mir gewährte freigebige Unterstützung den besten Dank auszusprechen.

---

[1] Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung Alchemilla.

[2] M. Benson l. c. Tafel 72, Fig. 51.

[3] Treub l. c. S. 180.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Verzeichnis der Literatur.

1. M. Treub. Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, publiées par M. Treub. V. X. Leide 1891.)
2. S. Nawaschin. Über die gemeine Birke und die morphologische Deutung der Chalazogamie. (Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, VIIe Série, Tome XLII, N° 12.)
3. id. Ein neues Beispiel der Chalazogamie. Botanisches Centralblatt, LXIII, S. 353.
4. id. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei der Ulme. (Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, V. Serie, Band VIII, Nr. 5. Mai 1898.)
5. M. Benson. Contributions to the Embryology of the Amentiferae. Part I. (The Transaction of the Linneau Society of London. 2. Serie, Botany. Vol. III, Part 10. London 1894.)
6. Aschkenasi. Endotropischer Verlauf des Pollenschlauches bei Plantago. (Botanisches Centralblatt. B. LXIII. S. 355, Anmerkung 3.)
7. S. Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung *Alchemilla*.
8. S. Murbeck. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei *Alchemilla arvensis* L *Scop.* und das Wesen der Chalazogamie. (Lund 1901.)
9. B. Longo. Ricerche sulle Cucurbitacee ed il significato del percorso intercellulare (endotropico) del tubetto pollinico. (R. Accademia dei Lincei. Anno CCC 1903. Roma 1903.)
10. O. Porsch. Der Spaltöffnungsapparat von Casuarina und seine phyletische Bedeutung. (Österr. bot. Zeitschrift. Jahrg. 1904, Nr. 1 u. ff.)
11. H. Molisch. Zur Physiologie des Pollens mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche. (Sitzungsbericht der Mat.-Nat.-Wiss. Klasse der k. k. Akademie der Wissenschaften. Bd. CII, S. 420. Wien 1893.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

12. M. Miyoshi. Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. (Flora, Bd. 78 [1894] S. 76.)
13. M. Dalmer, Über die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiospermen. (Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1880, Bd. XIV. S. 39.)
14. C. Capus. Anatomie du tissu conducteur. (Annales de science naturelle botanique 1878, 6. Sér., T. VII, S. 282.)
15. H. Molisch. Über die Ursachen der Wachstumsrichtungen bei Pollenschläuchen. Sitzungsanzeiger der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, 17. Jänner 1889.
16. E. Strassburger. Die Gymnospermen und die Angiospermen.
17. id. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen.
18. Ch. Schkuhr. Botanisches Handbuch. Wittenberg 1791.
19. A. v. Braune. Salzburgische Flora. Salzburg 1797.
20. J. Gaertner. De fructibus et seminibus plantarum.
21. J. Sturm. Deutschlands Flora.
22. W. D. J. Koch. Synopsis der deutschen und Schweizer Flora. Ed. 1.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Abbildungen.

Ps = Pollenschlauch.
I = Integument.
N = Nucellus.
E = Eizelle.
Frchtbl. = Fruchtblatt, respektive Fruchtknotenwand.
Fh = Fruchtknotenhöhle.
Es = Embryosack.

Fig. 1. Medianer Längsschnitt durch einen Fruchtknoten von *Sibbaldia* (schematisch) — links der Griffel mit der Narbe. — Der Verlauf des Pollenschlauches ist eingezeichnet.

Fig. 2. Querschnitt durch einen Griffel. Im Inneren das Leitgewebe (L). Aus einem Safraninpräparate.

Fig. 3. Stück des Integumentes mit einem Teile des Pollenschlauches, welcher in den Interzellularen verläuft (aus einem Safraninpräparate). Die Linie links zeigt den Rand des Fruchtblattes.

Fig. 4. Medianer Längsschnitt durch einen Griffel, in den noch kein Pollenschlauch eingedrungen ist (aus einem Safraninpräparate).

Fig. 5. Der Pollenschlauch im oberen Teile des Integumentes. Rechts unten der Embryosack mit der Eizelle und einer Synergide, deren Kern noch ersichtlich ist. In der Eizelle ist der Kern nicht zu unterscheiden; wahrscheinlich hat er sich schon geteilt. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.) Die krumme Linie oben zeigt, wie in den anderen Präparaten, den Rand des Fruchtblattes.

Fig. 6. Oberer Teil der Samenanlage. Die Zellwände sind gequollen und man sieht den Verlauf des Pollenschlauches; unten zwei Embryosäcke. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.)

Fig. 7. Verlauf des Pollenschlauches durch die Interzellulare unter der ersten Zellschichte. Auch hier sieht das Protoplasma schon verändert aus. (Aus einem Hämatoxylinpräparate).

Fig. 8. Verlauf des Pollenschlauches im Fruchtblatte, in der Fruchtknotenhöhle und im Integumente. Die Zelle (Z) ist vom Pollenschlauche beim Eindringen getötet worden. (Aus derselben Serie wie Nr. 6.)

Fig. 9. Partie des Pollenschlauches im Integumente kurz vor dem Einbiegen gegen den Embryosack. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 10. Längsschnitt durch den unteren Teil eines sporogenen Gewebes. Zeigt oben das untere Ende des normalen Embryosackes (N. E.) und unterhalb desselben fünf unentwickelte Embryosäcke. Die vier oberen zeigen nur einen Kern, wahrscheinlich deshalb, weil sie quer geschnitten sind. Der Untere ist der Länge nach geschnitten und besitzt zwei Kerne. (Aus einem Safraninpräparate.)

Fig. 11. Querschnitt durch den mittleren Teil eines Embryosackes mit zwei Antipoden (A). Ringsherum eine Anzahl unentwickelter Embryosäcke. (Aus einem Safraninpräparate.)

Fig. 12. Ein Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen (schematisch aus einem Hämatoxylinpräparate).

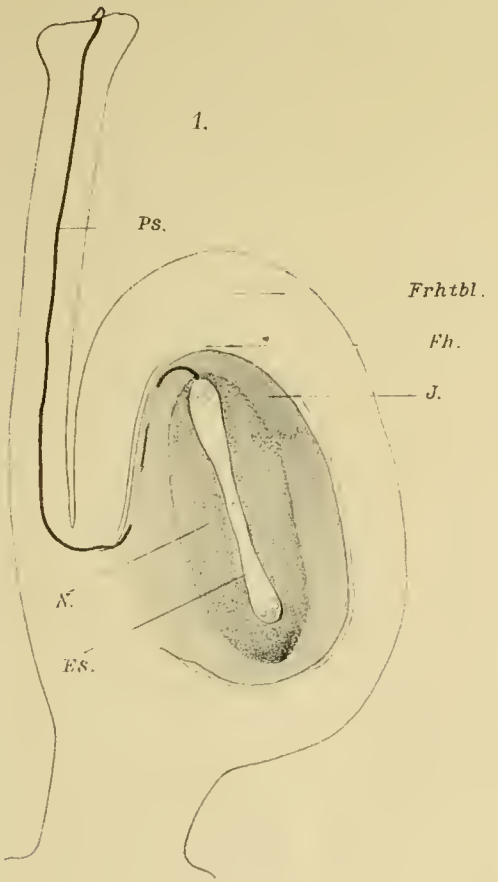
Fig. 13 und 14. Zwei Schnitte aus derselben Serie, deren jeder einen Embryosack enthält. Zwischen beiden zeigt eine Einschnürung die Stelle, wo die Verschmelzung stattgefunden hat. (Aus einer Safraninserie.)

Fig. 15. Ein Fruchtknoten mit drei Embryosäcken. Das Integument ist, wie in den zwei oberen Figuren, nicht geschlossen. (Aus derselben Serie wie Fig. 6 und 8.)

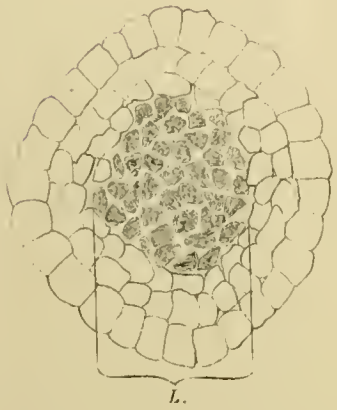
NB. Mit Ausnahme der Figuren 1 und 12 sind alle übrigen mit Zeichenapparaten bei verschiedenen Vergrößerungen abgebildet worden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

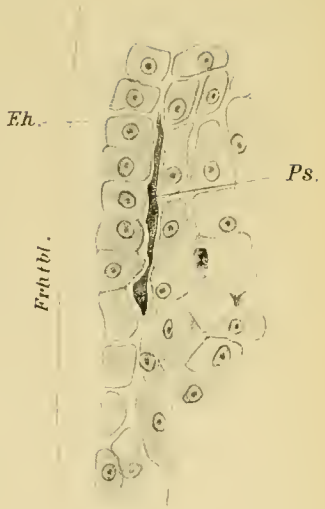
1.



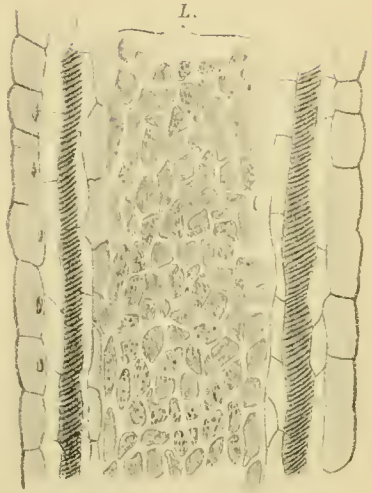
2.



3.



4.



5.

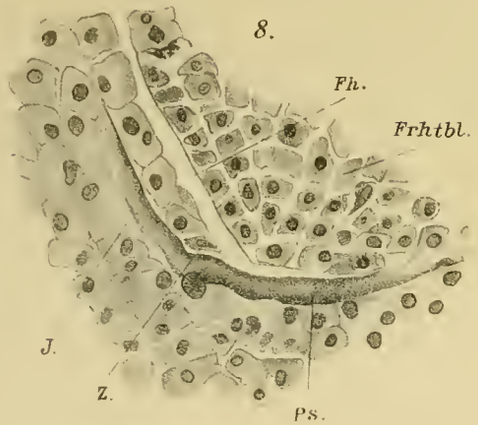
6.

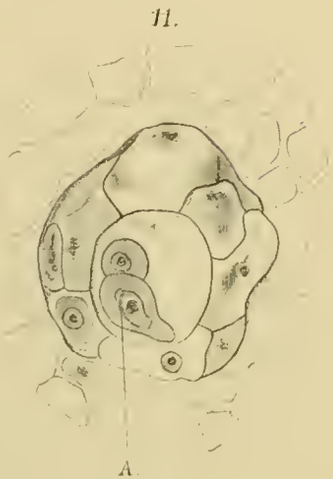
7.

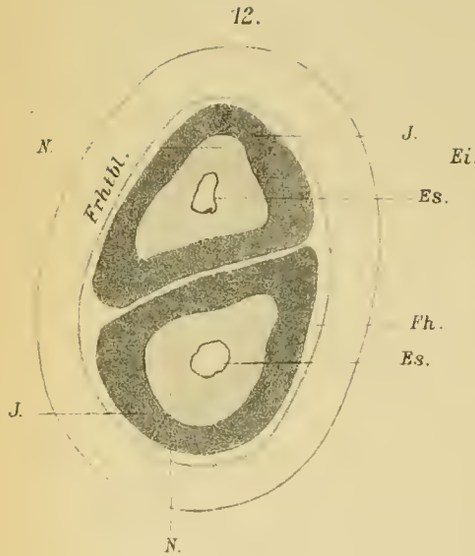
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

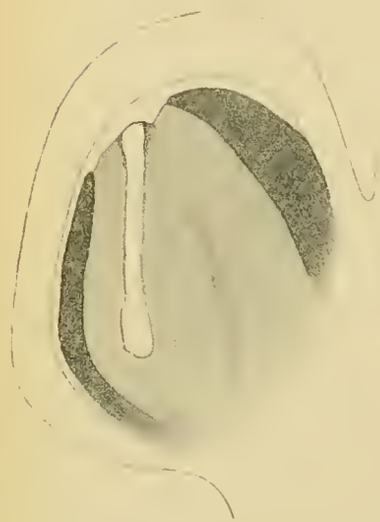
Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

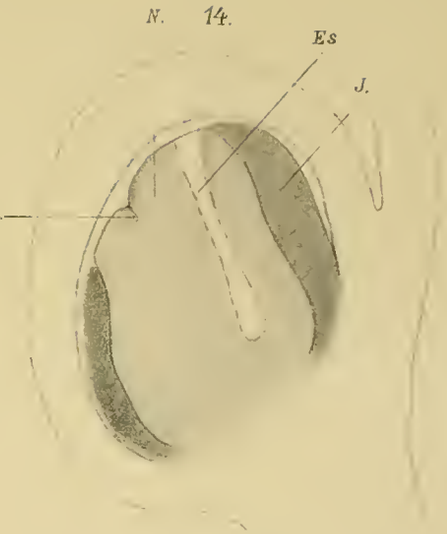
Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum











Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien